

<b>Requested document:</b>	<b><a href="#">DE10015209 click here to view the pdf document</a></b>
----------------------------	---

**Electrochemical disinfection of water, e.g. drinking, industrial and waste water, involves passing sub-streams in parallel to anode and cathode segments of array of electrode plates, spacers and separator membranes**

Patent Number:

Publication date: 2001-10-11

Inventor(s): THIELE WOLFGANG (DE); FASLER DIETER (DE); FOERSTER HANS-JUERGEN (DE)

Applicant(s): EILENBURGER ELEKTROLYSE UND UM (DE)

Requested Patent: ☐ [DE10015209](#)

Application Number: DE20001015209 20000327

Priority Number(s): DE20001015209 20000327

IPC Classification: C02F1/467; A61L2/03

EC Classification: [A61L2/03E](#), [C02F1/461B](#)

Equivalents:

---

**Abstract**

In electrochemical disinfection of water in a cell of 2 electrically-contacted edge electrode plates and bipolar electrode plate(s), divided by separator membranes, the water, in 2 sub-streams, flows parallel to the anode and cathode segments of the array of electrode plates, spacers and separator membranes in a plastics housing. The electrodes are 0.5-5 mm apart. Electrolysis is carried out at 5-500 mA/cm<sup>2</sup>. The treated sub-streams are recombined. An independent claim is also included for the electrolysis cell used in this process.

---

Data supplied from the esp@cenet database - I2



19 BUNDESREPUBLIK  
DEUTSCHLAND



DEUTSCHES  
PATENT- UND  
MARKENAMT

12 **Offenlegungsschrift**  
10 **DE 100 15 209 A 1**

51 Int. Cl. 7:  
**C 02 F 1/467**  
A 61 L 2/03

21 Aktenzeichen: 100 15 209.0  
22 Anmeldetag: 27. 3. 2000  
43 Offenlegungstag: 11. 10. 2001

DE 100 15 209 A 1

71 Anmelder:  
Eilenburger Elektrolyse- und Umwelttechnik  
GmbH, 04838 Eilenburg, DE

72 Erfinder:  
Thiele, Wolfgang, Dr., 04838 Eilenburg, DE; Faßler,  
Dieter, Prof., 07749 Jena, DE; Förster, Hans-Jürgen,  
Dr., 06749 Bitterfeld, DE

56 Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
zu ziehende Druckschriften:

DE	42 08 057 A1
DE	26 00 344 A1
DE	24 51 629 A1
DE	299 16 126 U1
US	53 76 240 A
US	41 18 294 A
EP	06 59 691 A1

**Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen**

54 Verfahren und Vorrichtung zur elektrochemischen Desinfektion von Wässern

57 Bei der elektrochemischen Desinfektion werden organische Bestandteile der Wässer einerseits an den Elektroden einer Elektrolysezelle abgebaut oder chemisch verändert, andererseits kommt es zur Bildung oxidierter Spezies aus den anorganischen und organischen Bestandteilen der Wässer, die durch Ihre Oxidationswirkung eine Wiederverkeimung der Wässer auf dem Weg zum Verbraucher weitgehend verhindern. Bei der elektrochemischen Desinfektion von Wässern, insbesondere von neutralen Trink- und Brauchwässern mit relativ geringer elektrischer Leitfähigkeit, sind jedoch die Stromdichten gering und die Zellspannungen relativ hoch. Zudem treten bei der Behandlung natürlicher Wässer, die Bikarbonate des Calciums und Magnesiums enthalten, Kalkbeläge auf den Kathodenoberflächen auf. Bisher vorgeschlagene Maßnahmen führen jedoch nur teilweise zu Behebung der Nachteile oder bewirken weitere Nachteile. Das zu desinfizierende Wasser wird beim Durchlaufen einer bipolaren, geteilten Elektrolysezelle in zwei Teilströme aufgeteilt, die parallel die Anoden- und Kathodensegmente des durch die Elektrodenplatten, durch Abstandhalter und Separatormembranen gebildeten Elektrodenpaketes durchströmen, wobei die Elektroden im Abstand von 0,5 bis 5 mm zueinander positioniert sind, mit einer Stromdichte von 5 bis 100 mA/cm<sup>2</sup> elektrolysiert wird und die beiden kathodisch und anodisch behandelten Teilströme nach Durchlaufen des Elektrodenpaketes wieder zusammengeführt werden. Bevorzugt wurden als ...

DE 100 15 209 A 1

[0001] Die Erfindung betrifft ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Desinfektion von Trink-, Brauch- und Abwasser durch elektrochemische Behandlung. Bei der elektrochemischen Desinfektion werden organische Bestandteile der Wässer einerseits an den Elektroden einer Elektrolysezelle abgebaut oder chemisch verändert, andererseits kommt es zur Bildung oxidierter Spezies aus den anorganischen und organischen Bestandteilen der Wässer, die durch Ihre Oxidationswirkung eine Wiederverkeimung der Wässer auf dem Weg zum Verbraucher weitgehend verhindern. In einer solchen Depotwirkung liegt auch ein wesentlicher Vorteil der elektrochemischen Desinfektion gegenüber anderen Verfahren ohne Zugabe von Chemikalien, wie z. B. der UV-Bestrahlung.

[0002] Für die elektrochemische Desinfektion werden vorwiegend plattenförmige Elektroden eingesetzt, die als Pakete zusammengefaßt in das zu behandelnde Wasser eintauchen oder die in einem vom Wasser durchströmten Gehäuse untergebracht sind. Als Elektrodenmaterialien finden hauptsächlich sogenannte Ventilmetalle wie Titan, Tantal, Niob oder Zirkonium Verwendung, die mindestens an den sonst passiven Anodenflächen mit geeigneten Aktivschichten versehen sind. Als Aktivschichten kommen Edelmetalle, z. B. Platin, Edelmetalloxide, z. B. des Iridiums oder Rutheniums, oder andere Metalloxide, z. B. Titandioxid oder Bleidioxid in Betracht. Auch Aktivschichten aus dotierten Diamanten sind bereits vorgeschlagen worden.

[0003] Elektrochemische Desinfektionsverfahren können allein oder in Kombination mit anderen Verfahren eingesetzt werden. Vorgeschlagen wurde bereits eine Kombination der elektrochemischen Desinfektion mit der UV-Bestrahlung. Dabei werden die Vorteile der wirtschaftlich günstigeren UV-Desinfektion kombiniert mit den Vorteilen der elektrochemischen Desinfektion, die besonders in der Depotwirkung als Schutz gegen Wiederverkeimung bestehen.

[0004] Bei der elektrochemischen Desinfektion von Wässern, insbesondere von neutralen Trink- und Brauchwässern mit relativ geringer elektrischer Leitfähigkeit, gibt es die folgenden Probleme:

[0005] Die Stromdichten sind gering und die Zellspannungen relativ hoch. Um dem entgegenzuwirken, müssen möglichst enge Abstände Anode-Kathode realisiert werden und auf eine Teilung der Zelle mittels Diaphragma oder Ionenaustauschermembranen wird in der Regel verzichtet. Trotzdem treten noch Zellspannungen von 5 bis 10 V auf, wenn Stromdichten im Bereich von 10 bis 40 mA/cm<sup>2</sup> angewandt werden. Die geringen Elektrodenabstände in Verbindung mit den dabei meist eingesetzten Abstandshaltern führen aber auch dazu, daß der Stofftransport zu und von den Elektrodenoberflächen intensiviert wird. Bei reversiblen Redoxreaktionen, z. B. bei der anodischen Bildung von oxidierenden Spezies, kommt es deshalb in einem hohen Maße auch wieder zu deren Reduktion an der Kathode. Damit entfällt ein wesentlicher Vorteil der elektrochemischen Verfahren gegenüber der UV-Behandlung, nämlich der Erreichung einer Depotwirkung zur Vermeidung einer schnellen Wiederverkeimung.

[0006] Hinzu kommt ein weiteres Problem bei der Behandlung natürlicher Wässer, die Bikarbonate des Calciums und Magnesiums enthalten. Das ist die Ausscheidung von Kalkbelägen auf der Kathodenoberfläche, da die kathodische Grenzfläche alkalisch reagiert und dadurch das lösliche Bikarbonat in Karbonat umgewandelt wird. Eine Möglichkeit zur Vermeidung solcher Kalkablagerungen ist die periodische Umpolung, so daß die mit Kalk beschichtete Kathode nach Umschaltung als Anode wirkt und es auf Grund der sauren Reaktion in der Anodengrenzschicht zur Wiederauflösung der Kalkablagerungen kommt.

[0007] Damit verbunden ist aber folgendes Problem: Bei den vorzugsweise verwendeten Ventilmetallanoden müssen Anoden und Kathoden mit den genannten Aktivschichten ausgestattet sein. Beim häufigen Umpolen werden die Elektrodenoberflächen abwechselnd oxidierenden und reduzierenden Einflüssen ausgesetzt, wodurch es zu einer Beschädigung bzw. Ablösung der Aktivschichten kommt. Auch bei Verwendung der diamantbeschichtete Elektroden aus Niob als Grundmetall ist es nur bei völliger Porenfreiheit der Diamantschicht möglich, eine bei häufiger Umpolung ausreichend langzeitbeständige Elektrode bereitzustellen. Auch bei den in der technischen Elektrochemie vielfach eingesetzten mit Platin beschichteten Titananoden kommt es beim Umpolen leicht zu einer Zerstörung der aktiven Schicht, wenn diese nicht vollständig porenfrei ist. Bei kathodischer Schaltung bildet sich Titanhydrid und die Platinbeschichtung wird dadurch aufgelockert und schließlich zerstört.

[0008] Verhindert werden könnte das häufige Umpolen dadurch, daß man mit einer geteilten Zelle arbeitet und als Katholyt eine saure, im Kreislauf geführte Lösung einsetzt, z. B. eine verdünnte Schwefelsäure. Das führt aber zu einer Veränderung der Zusammensetzung der nur durch die Anodenräume geleiteten Wässer und es fällt eine mit Salzen angereicherte Katholytlösung an, die entsorgt werden muß. Damit würden die Vorteile einer solchen Verfahrensweise weitgehend wieder zunichte gemacht.

[0009] Der in den Ansprüchen 1 und 9 angegebenen Erfindung liegt das Problem zugrunde, die Desinfektion von Wässern auch schlechter Leitfähigkeit wirtschaftlich und unter Vermeidung der dargestellten Nachteile der bisherigen technischen Lösungen durchzuführen.

[0010] Gelöst wurde das Problem nach den Ansprüchen 1 und 9 dadurch, daß das zu behandelnde Wasser beim Durchlaufen einer bipolaren, geteilten Elektrolysezelle in zwei Teilströme aufgeteilt wird, die parallel die Anoden- und Kathodensegmente des durch die Elektrodenplatten, durch Abstandshalter und Separatormembranen gebildeten Elektrodenpaketes durchströmen, wobei die Elektroden im Abstand von 0,5 bis 5 mm zueinander positioniert sind, mit einer Stromdichte von 5 bis 100 mA/cm<sup>2</sup> elektrolysiert wird und die beiden kathodisch und anodisch behandelten Teilströme nach Durchlaufen des Elektrodenpaketes wieder zusammengeführt werden. Dabei ist das Elektrodenpaket in ein Gehäuse aus Kunststoff mit Ein- und Austritten für das Wasser so eingespannt, daß es den freien Querschnitt möglichst vollständig ausfüllt.

[0011] Bevorzugt werden als Elektroden Edelmetallfolien mit anodenseitig und kathodenseitig gleicher Beschaffenheit der Oberflächen eingesetzt. Durch die bipolare Elektrodenschaltung ist es möglich, auch sehr dünne Metallfolien einer Stärke von 10 bis 100 µm einzusetzen, da der Strom nur von der einen Seite der Dünnschichtelektrode zur anderen Seite durch eine große Fläche über einen kleinen Abstand transportiert zu werden braucht. Dadurch können auch sehr hochwertige Metalle, wie z. B. Platin, als Elektrodenmaterialien für Anode und Kathode wirtschaftlich vertretbar eingesetzt werden.

[0012] Außerdem gibt es keine Probleme bei der Umpolung, da es sich um massive und beidseitig identisch aufgebaute Oberflächen handelt und es somit nicht zur Ablösung von Aktivschichten kommen kann. Dabei kann die Umpolung in Abständen von einer Minute bis einer Stunde erfolgen. Bei Platin hat sich ein periodisches Umpolen im Abstand von 10 bis 30 min besonders bewährt.

[0013] Außer solchen Dünnschichtelektroden aus Edelmetallen können aber auch stärkere, mit Aktivschichten versehene Elektrodenplatten eingesetzt werden, z. B. mit Diamant beschichtete Elektroden aus Ventilmaterialien, besonders Niob, oder aus keramischen Materialien, z. B. aus beschichteten Siliziumscheiben. Besonders bei letzteren ergeben sich auf Grund der bipolaren Schaltung keine Nachteile durch die gegenüber Niob wesentlich schlechtere elektrische Leitfähigkeit. Es besteht aber der Vorteil einer deutlich besseren Langzeitbeständigkeit selbst bei häufigem Umpolen und auch bei dünnen und nicht garantiert porenfreien Schichten.

[0014] Als Separatormembranen können sowohl mikroporöse Diaphragmen, als auch Ionenaustauschermembranen eingesetzt werden. Durch die Separatormembranen wird bewirkt, daß anodisch gebildete oxidierende Spezies nicht wieder an der Kathode reduziert werden können. Bei den bevorzugt eingesetzten Ionenaustauschermembranen kommt als weiterer Vorteil noch hinzu, daß der Stromtransport hauptsächlich nur durch die Wanderung einer Ionenart (Kationen oder Anionen) erfolgt, wodurch es zu einer pH-Verschiebung zwischen dem anodischen und kathodischen Teilstrom kommt. Der Katholyt wird alkalischer und der Anodenraum saurer. Mit Ausnahme der gewünschten Oxidationsreaktionen kommt es dadurch, daß die beiden Teilströme nach Durchlaufen der zweigeteilten Elektrodenräume wieder vermischt werden und dabei eine Neutralisation erfolgt, zu keiner Veränderung der Grundzusammensetzung der Wässer.

[0015] Bei der elektrochemischen Wasserbehandlung werden die folgenden positiven Wirkungen erreicht:

- Die elektrischen Leitfähigkeit der beiden Elektrolytlösungen wird verbessert. Damit kommt es bei vorgegebener Spannung zu einer Erhöhung der Stromdichte bzw. bei vorgegebener Stromdichte zu einer Verringerung der Zellspannung.
- Bei Verwendung der vorzugsweise einzusetzenden Anionenaustauschermembranen kommt es außerdem zu einer Anreicherung der zu oxidierenden Anionen im Anodenraum. Die Stromausbeuten solcher Oxidationsreaktionen, wie z. B. der Bildung von Aktivchlor (als Summe von Hypochlorit und gelöstem freien Chlor) aus dem meist geringen Chloridgehalt der natürlichen Wässer, können dadurch zusätzlich weiter erhöht werden.
- Da auch Karbonat-Anionen vom Katholyten in den Anolyten überführt werden, verringert sich auch die Neigung zur Ausfällung von Karbonatabscheidungen an der Kathode.

[0016] Bei solchen Wässern, bei denen trotzdem die elektrische Leitfähigkeit zur Erzielung einer gewünschten Stromdichte zu gering ist, oder die natürlichen Inhaltsstoffe nicht ausreichend sind, um die gewünschte Endkonzentration an oxidierend wirkenden Spezies zu erreichen, kann dem zu behandelnden Wasser auch eine definierte, geringe Menge geeigneter Neutralsalze zugesetzt werden, z. B. von Chloriden oder Sulfaten. So kann z. B. durch Zusatz von 0,1 bis 0,5 g/l Natriumchlorid nicht nur die elektrische Leitfähigkeit verbessert werden, sondern auch die Ausbeute und der Endgehalt an desinfizierend wirkendem Aktivchlor deutlich erhöht werden.

[0017] Durch die gegenüber der Elektrolyse in ungeteilten Elektrolysezellen unter sonst vergleichbaren Bedingungen erreichbaren höheren Konzentrationen an oxidierenden Spezies wird auch eine deutlich bessere Depotwirkung erreicht. Deshalb eignet sich das neue Verfahren auch hervorragend für eine Kombination mit der UV-Desinfektion. Es ist besonders günstig, einen kleineren Anteil des elektrochemisch desinfizierten Wassers einem größeren Anteil eines mittels UV-Bestrahlung desinfizierten Wassers zuzumischen und dadurch sämtliches desinfiziertes Wasser gegen Wiederverkeimung sicher zu schützen. Aber auch die Vermischung mit einem nicht behandelten Teilstrom des zu desinfizierenden Wassers ist infolge der Desinfektionswirkung des nach vorliegendem Verfahren behandelten Wassers möglich, was dadurch wirtschaftlich besonders günstig ist. Der Anteil des zuzumischenden und damit zu desinfizierenden Wassers ist dann besonders hoch, wenn der die Elektrolysezelle durchlaufende Teilstrom vorher mit Chloriden oder Sulfaten angereichert wird.

[0018] Zur bevorzugten Ausführung des neuen Verfahrens dient eine Elektrolysezelle, die gemäß Anspruch 9 wie folgt aufgebaut ist: In einem Gehäuse aus Kunststoff mit einem Verhältnis von Länge zu Breite von mindestens 3:1 mit Ein- und Austritten für das zu behandelnde Wasser wird ein Elektrodenpaket angeordnet, bestehend aus den Elektrodenplatten und dazwischen je zwei Abstandshaltern von 0,5 bis 5 mm Stärke, wobei zwischen den Abstandshaltern je eine Separatormembran, z. B. eine Ionenaustauschermembran so eingelegt wird, daß sie mit den seitlichen Gehäusewänden möglichst bündig abschließen, wobei die äußeren Elektroden mit den Stromzuführungen kontaktiert sind. Dabei können je Elektrodenpaket eine beliebige Anzahl von bipolaren Einzelzellen angeordnet und gemeinsam vom Wasserstrom durchströmt werden, je nach der verfügbaren Spannung und der sich für die betreffende Wasserzusammensetzung und die vorgewählte Stromdichte ergebenden Zellspannung.

[0019] Da die bipolaren Einzelzellen innerhalb eines Elektrodenstapels mit den Abstandshaltern und Membranen nur 1 bis 10 mm stark sind, werden bevorzugt mindestens drei bipolare Einheiten in einem Gehäuse vereint. Die Gesamtstärke des Elektrodenstapels sollte mindestens 20 mm betragen, um an den Stirnflächen Zu- und Abführungsleitungen mit ausreichend großem Strömungsquerschnitt unterbringen zu können. Als Abstandshalter können bevorzugt Gewebe aus geeigneten Kunststoffen oder aus Kunststofffolien mechanisch gestreckten Materialien eingesetzt werden, die in Strömungsrichtung einen ausreichend großen freien Querschnitt aufweisen. Da insbesondere an den Berührungsstellen mit der Anode ein Abtrag erfolgen kann, werden bevorzugt chemisch resistente Materialien wie fluoridierte Kunststoffe (z. B. PTFE, PVDF) oder elektrisch nichtleitende keramische Materialien eingesetzt.

[0020] Dabei kann die den Abstand zweier Elektrodenplatten maßgeblich bestimmende Stärke der Abstandshalter entsprechend der elektrischen Leitfähigkeit des eingesetzten Wassers weitgehend verändert und entsprechend angepaßt werden. Das heißt, bei schlechter Leitfähigkeit wird der geringstmögliche Abstand gewählt, der aber noch eine ausreichende Durchströmung der Elektrodenzwischenräume gewährleisten muß. Bei Wässern mit höherem Salzgehalt und damit besserer Leitfähigkeit kann die Stärke der Abstandshalter größer gewählt werden, wodurch auch die Verlustströme an den mit Wasser gefüllten Zu- und Abführungsbereichen vor und nach den Elektrodenpaketen, an denen ein Kurz-

schlußstrom fließt, reduziert werden können.

[0021] Da die Anoden- und Kathodenräume parallel durchströmt werden und die sich zwischen Ein- und Austritt einstellenden Druckdifferenzen für beide Teilstrome identisch sind, bleibt bei Undichtigkeiten im Randbereich der Elektrodenpakete der Flüssigkeitsaustausch zwischen Kathoden- und Anodenräumen gering und wirkt sich kaum nachteilig auf die Effektivität der Desinfektion und der Bildung oxidierender Spezies aus.

[0022] Sollte dieser Flüssigkeitsaustausch sich bei bestimmten Anwendungen, insbesondere bei der Behandlung besser leitfähiger Abwässer, doch ungünstig auswirken, können die Separatormembranen und gegebenenfalls die Dünnschichtelektroden durch seitlich eingelegte Dichtstreifen im Randbereich gegeneinander abgedichtet werden. Es hat sich aber überraschend gezeigt, daß dieser zusätzliche Aufwand sich nur in den wenigsten Fällen als erforderlich erweist.

[0023] Steht nur eine begrenzte Spannung zur Verfügung, beispielsweise durch den Einsatz einer handelsüblichen Photovoltaik-Anlage mit z. B. 24 V, dann können in einem Elektrodenpaket mehrere elektrisch parallel geschaltete bipolare Elektrodenstapel angeordnet werden.

#### Ausführungsbeispiele

##### Beispiel 1

[0024] Fig. 1 zeigt eine bevorzugte Ausführungsform der neuen Elektrolysezelle zur Wasserdesinfektion (a und b zeigen die Zelle im Längsschnitt, c im Querschnitt durch ein Elektrodenpaket). Das Gehäuse der Elektrolysezelle wird durch einen Grundrahmen 1 und beidseitig angebrachte Spannplatten 2 gebildet. Im Grundrahmen befinden sich der Eintritt 3 und der Austritt 4 für das Wasser. Das Elektrodenpaket wird gebildet durch die beidseitig wirkenden bipolaren Dünnschichtelektroden 5 bzw. die einseitig wirkenden Randeletroden 6. Letztere sind mit den Kontaktelementen 7 zur Stromzuführung elektrisch leitend verbunden. Zwischen je zwei Dünnschichtelektroden befinden sich die Separatormembranen 9, deren Abstände zu den Elektroden durch je zwei Abstandshalter 8 fixiert werden. Dabei ragen die Abstandshalter und die Separatormembranen oben und unten über die Ober- bzw. Unterkante der Elektroden hinaus, um die Kurzschlußströme zu minimieren. Das Elektrodenpaket ist unter Spannung so in das Gehäuse eingepaßt, daß es sich durch den Staudruck des Wassers nicht verschieben läßt. Zur besseren Positionierung des Elektrodenpakets dient eine Verengung des Querschnitts im Ein- und Austrittsbereich des Gehäuses.

##### Beispiel 2

[0025] Die technischen Daten einer gemäß Fig. 1 aufgebauten Elektrolysezelle waren wie folgt: Anzahl der bipolaren Einzelzellen: 8 (2 Randeletroden und 7 bipolare Elektroden). Die Elektroden bestanden aus Platin der Abmessungen  $100 \times 30 \times 0,03$  mm. Die Separatormembranen und die Abstandshalter waren um 20 mm länger als die Elektroden. Als Separatoren dienten ca. 0,1 mm starke Anionenaustauschermembranen. Die Abstandshalter bestanden aus ca. 0,5 mm starken PVDF-Gewebe (im zusammengespannten Zustand). Die Zelle wurde mit ca. 10 l/h Brunnenwasser beschickt, welches sich etwa gleichmäßig zwischen Katholyt- und Anolyttestrom aufteilte.

[0026] Die Zusammensetzung des Brunnenwassers war wie folgt:

Bikarbonat	340 mg/l
Chlorid	16 mg/l
Nitrat	30 mg/l
Sulfat	160 mg/l
Kalzium	113 mg/l
Magnesium	27 mg/l
Kalium	113 mg/l
Natrium	12 mg/l

[0027] Bei einer angelegten Gleichspannung von 60 V (7,5 V Zellspannung) stellte sich ein Strom von ca. 300 mA bei 25°C ein, einer Stromdichte von  $10 \text{ mA/cm}^2$  entsprechend. Der Elektrolysestrom wurde aller 30 min umgepolt. Dadurch konnte eine Kalkablagerung auf den Kathoden sicher vermieden werden. Folgende Ergebnisse wurden erreicht:

[0028] Die Bestimmung coliformer Keime erfolgte mit dem Chromoplate-System von Merck Eurolab, Bebrütungsdauer vor Auszählung der Kolonien 24 h bei 36°C. Die Nachweisgrenze lag bei 3 Keimen/ml. Es wurden die folgenden Ergebnisse erhalten:

Ausgangswert coliformer Keime  $4 \cdot 10^3$  Keime/ml  
Sofort nach Elektrolyse ca.  $5 \cdot 10^1$  Keime/ml  
Nach 24 Stunden ca. 5 Keime/ml  
Nach 48 Stunden < 3 Keime/ml

[0029] Es zeigt sich also, daß eine Depotwirkung erreicht wird und die im Gemisch nach der Elektrolyse noch vorhandenen Keime innerhalb von 48 h bis unter die Nachweisgrenze reduziert werden. Im wesentlichen ist das zurückzuführen auf einen nach der Elektrolyse bestimmten Gehalt von etwa 4 bis 6 mg/l Aktivchlor.

##### Beispiel 3

[0030] Die gleiche Elektrolysezelle nach den Beispielen 1 und 2 wurde mit 60 l/h eines Brunnenwassers beschickt,

welchem 0,3 g/l NaCl zugesetzt wurden. Bei der gleichen Gesamtspannung von 60 V stellte sich ein Elektrolysestrom von 900 mA ein, einer Stromdichte von 30 mA/cm<sup>2</sup> entsprechend. Der Elektrolysestrom wurde aller 10 min umgepolt. Die Anzahl coliformer Keime und der Gehalt an Aktivchlor wurden bestimmt. Die Anzahl coliformer Keime ging vom Anfangswert (ca.  $4 \cdot 10^3$ ) auf einen Wert unterhalb der Nachweisgrenze zurück. Die Probenahme erfolgte nach 40 min. Es bildeten sich ca. 5 mg/l Aktivchlor. Die so erhaltene keimfreie wässrige Lösung eignet sich in hervorragender Weise zur keimfreien Behandlung von Geräten und Behältnissen. Dieser Gehalt an Aktivchlor ist bekanntlich völlig ausreichend, um auch den Gehalt verschiedener persistenter Keime (z. B. Polioviren) bei einer Einwirkungsdauer im Minutenbereich um 2 bis 3 Zehnerpotenzen zu reduzieren.

#### Beispiel 4

[0031] Die elektrochemisch behandelte, desinfizierte und mit oxidierenden Bestandteilen angereicherte Lösung aus Beispiel 3 wurde mit der 5fachen Menge des Brunnenwassers vermischt. Nach einer Reaktionszeit von 1 h wurde wieder die Anzahl coliformer Keime bestimmt. Sie lag mit < 3 Keime/ml bereits unter der Nachweisgrenze. Das Beispiel zeigt, daß auch ein Mehrfaches des elektrochemisch behandelten Wassers noch entkeimt werden kann.

#### Beispiel 5

[0032] Eine analog den Beispielen 1 und 2 aufgebaute Elektrolysezelle enthielt anstelle der 9 Platinfolienelektroden 5 mittels dotiertem Diamant beschichtete, 1,5 mm starke Niobelektroden (zwei einseitig beschichtete Randlektroden mit Stromzuführungen und drei beidseitig beschichtete bipolaren Elektroden). Die Elektrodenabstände und die übrigen Bauelemente (Membranen, Abstandshalter) waren die gleichen wie im Beispiel 2. Die wirksame Elektrodenfläche (Anode oder Kathode) ergab sich zu  $4 \times 10 \times 3 = 120 \text{ cm}^2$ .

[0033] Aus einem 10 l Vorratsgefäß wurde Brunnenwasser, welches mit 0,1 mMol/l des Textilfarbstoffes Acid Orange 7 angefärbt war, mit einer Umlaufgeschwindigkeit von 200 l/h durch die Zelle im Kreislauf umgepumpt (Batch-Betrieb). Die Lösung enthielt außerdem zur Erhöhung der elektrischen Leitfähigkeit 500 mg/l Natriumsulfat. Es stellte sich bei ca. 40 V Spannung eine Stromstärke von etwa 500 mA ein. Nach einer Elektrolysedauer von 60 min war die Lösung völlig entfärbt und frei von coliformen Keimen.

#### Beispiel 6

[0034] In der gleichen Zelle und Versuchsanordnung wie im Beispiel 5 wurden 10 l eines mit Tensiden versetzten, gebrauchten Badewassers (Grauwasser) im Kreislauf umgepumpt und mit 900 mA (60 V) elektrolysiert. Bestimmt wurde der CSB-Gehalt in Abhängigkeit von der Elektrolysedauer. Er wurde innerhalb von 5 h von anfangs 825 auf 440 mg/l reduziert. Coliforme Keime waren nach der Elektrolyse nicht mehr nachweisbar.

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur elektrochemischen Desinfektion von Wässern mittels einer durch Separatormembranen geteilten, aus zwei elektrisch kontaktierten Randlektrodenplatten und mindestens einer bipolaren Elektrodenplatte bestehenden Elektrolysezelle, **gekennzeichnet dadurch**, daß das zu behandelnde Wasser in zwei Teilströme aufgeteilt wird, die parallel die Anoden- und Kathodensegmente der aus Elektrodenplatten, Abstandshaltern und Separatormembranen gebildeten Elektrodenpakete, die in einem Zellengehäuse aus Kunststoff mit Ein- und Austritten für das Wasser eingespannt sind, durchströmen, wobei die Elektroden im Abstand von 0,5 bis 5 mm zueinander positioniert sind, mit einer Stromdichte von 5 bis 100 mA/cm<sup>2</sup> elektrolysiert wird und die beiden kathodisch und anodisch behandelten Teilströme nach Durchlaufen des Elektrodenpaketes wieder zusammengeführt werden.
2. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß Elektroden aus Edelmetallfolien z. B. Platin einer Stärke von 0,01 bis 0,1 mm eingesetzt werden.
3. Verfahren nach Anspruch 1, gekennzeichnet dadurch, daß Elektrodenplatten aus Ventilmetallen, z. B. Niob, oder aus keramischen Materialien, z. B. Silizium, eingesetzt werden, die bei den bipolaren Elektrodenplatten beidseitig, bei den Elektrodenrandplatten einseitig, mit dotiertem Diamant beschichtet sind.
4. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 3, gekennzeichnet dadurch, daß der Elektrolysestrom in Abständen von einer Minute bis einer Stunde umgepolt wird.
5. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 4, gekennzeichnet dadurch, daß als Separatormembranen Ionenaustauschermembranen eingesetzt werden.
6. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß als Separatormembranen Anionenaustauschermembranen eingesetzt werden.
7. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 6, gekennzeichnet dadurch, daß Abstandshalter aus Geweben oder mechanisch gestreckten Folien aus Kunststoffen einer Stärke von 0,2 bis 2 mm und mit einer Maschenweite von 1 bis 5 mm eingesetzt werden.
8. Verfahren nach den Ansprüchen 1 bis 7, gekennzeichnet dadurch, daß dem zu behandelnden Wasser zur Verbesserung der Leitfähigkeit und/oder zur verstärkten Bildung oxidierender Spezies Neutralsalze, z. B. Chloride oder Sulfate, zugesetzt werden.
9. Elektrolysezelle zur Durchführung des Verfahrens nach den Ansprüchen 1 bis 8, bestehend aus:
  - einem aus Grundrahmen 1 und seitlichen Spannplatten 2 gebildetem Kunststoffgehäuse,
  - einem Ein- und Austritt 3, 4 für das zu behandelnde Wasser,
  - einem Verhältnis von Länge zwischen den Ein- und Austritten zur Breite des durchströmten Querschnitts von mindestens 3 : 1,

- einem zwischen den Spannplatten im Abstand von 10 bis 50 mm von den Ein- und Austritten eingespannten und den gesamten freien Querschnitt ausfüllenden Elektrodenpaket, bestehend aus mindestens einer bipolaren Elektrodenplatte 5 und zwei Elektrodenrandplatten 6, den zwischen je zwei Elektrodenplatten angeordneten Separatormembranen 9 und den Abstandshaltern 8 zwischen den Elektrodenplatten und den Membranen, und
- den Kontakten 7 zur Stromzuführung zu den Elektrodenrandplatten.

10. Elektrolysezelle nach Anspruch 9, gekennzeichnet dadurch, daß die Separatormembranen und Abstandshalter in Strömungsrichtung die Elektrodenplatten um 5 bis 30 mm überragen.

11. Elektrolysezelle nach den Ansprüchen 9 und 10, gekennzeichnet dadurch, daß in einem Gehäuse mehrere elektrisch parallel geschaltete bipolare Elektrodenpakete angeordnet sind.

12. Elektrolysezelle nach den Ansprüchen 9 bis 11, gekennzeichnet durch seitliche Dichtungen zwischen den Elektrodenplatten und den Separatormembranen.

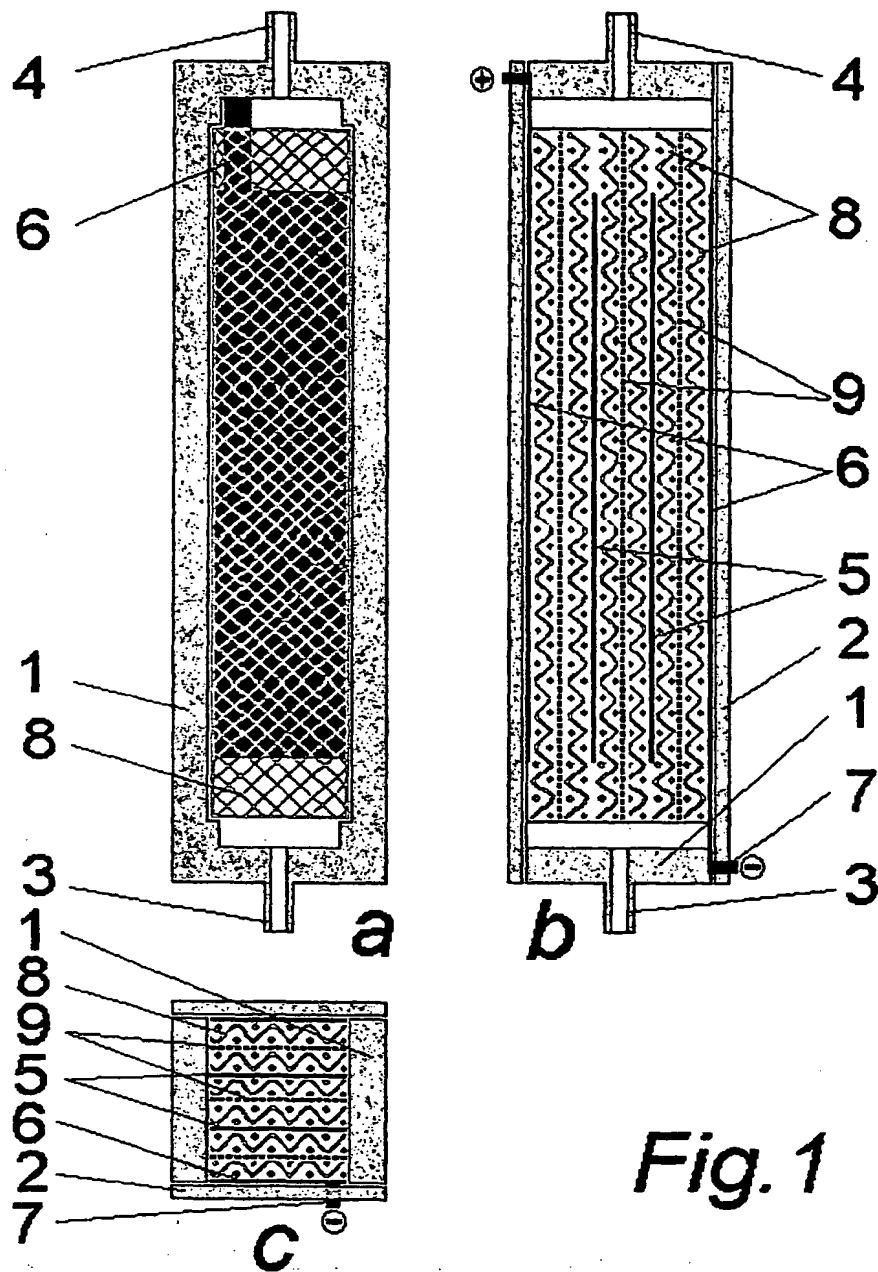
---

Hierzu 1 Seite(n) Zeichnungen

---

- Leerseite -





*Fig. 1*